第4卷第4期
1983年11月

动 物 学 研 究
ZOOLOGICAL RESEARCH

Vol. 4, No. 4
Nov., 1983

猕猴在自由或限制条件下的视觉或听觉分辨学习

陈郁初 段蕙芬 杨振荃* 徐秉烜*

（中国科学院上海生理研究所）

摘 要

本工作观察了猕猴在自由或限制条件下学习视觉或听觉分辨的规律。在WGTA内动物对颜色分辨学习有很大的个体差异，主要表现为学习初期正确反应率在机率水平波动的持续时间的不同。猴在WGTA内完成亮暗、物体及图形分辨学习，以及在限制椅上完成颜色分辨学习也有类似情况。从同一只猴在WGTA内进行不同的视觉分辨任务的学习所得的结果表明，物体分辨和亮暗分辨学习比之颜色分辨学习要容易些，图形分辨学习则相对地比较困难。猴在限制椅上学习颜色分辨比在WGTA内需要更多的测试数。动物在限制椅上学习纯音音调分辨似乎更为困难。这些结果对神经精神药理学、心理生理学以及神经生理学研究中选择合适的动物实验模型有一定的参考价值。

猕猴的大脑结构与人类的比较相似，对于大脑高级功能例如学习记忆的研究，它是一种比较理想的实验动物。自从1933年Klüver等研究猴的视觉分辨能力以来，人们对猕猴的分辨学习能力进行了不少研究，但对于各种学习任务间的较系统的比较研究报导尚不多（Harlow, 1945）。我们进行了多种视、听分辨反应实验，试图了解猕猴分辨学习的一般规律，以便为其他不同目的要求的实验设计选用较为合适的动物实验模型提供参考依据。

实验材料和方法

实验动物为我国西南地区产的成年健康恒河猴(*Macaca mulatta*)，体重2.8—6公斤，性别年龄详见表一，实验前不曾接受其他实验和训练。实验期间，它们在各自的饲养笼内单独生活。经过初选的实验动物如不过于胆小，并能在两个星期内适应实验环境和学会推倒小木盒取食或按反应键喝水，方可用于正式实验。在以葡萄干或糖丸作为奖

* 现在在中国科学院上海脑研究所。徐开静同志参加部分技术工作。

本文1982年6月2日收到，1983年3月19日收到修改稿。

偿物的实验中，实验前禁食，在以果子汁作奖励时，实验期间控制动物饮水量。所有实验都在隔音室内进行。为便于比较，各种分辨学习建成的标准一律定为连续两个实验日的正确反应率达90%以上。

本工作分三个实验部分。

实验一 在自由或限制条件下的颜色分辨学习

A **在威斯康星通用实验设备WGTA（Harlow,1949）中的颜色分辨学习。**本实验的设备和方法前文已有详细报导（徐秉烜等，1966）。简言之，测试板上有两个食杯中心相距 30cm，每个食杯上盖着一个能呈显不同颜色光的小木盒。木盒底部的一侧有绞链与测试板相连，推倒木盒即露出食杯。每周训练五个实验日，每个实验日的上午学习红色对灰色的分辨，下午学习蓝色对灰色的分辨。阳性刺激（红色或蓝色）呈显在左侧或右侧木盒上按随机顺序进行（Gellermann，1933）。推倒显红色（或蓝色）光的木盒为正确反应，可得到一粒葡萄干或糖丸的奖励。上下午各作30次测试。

B **在限制椅中的猴学习按反应键的颜色分辨。**在猴正前方直立着一块测试板。在板上相当于猴眼高度处有两个直径为 4 cm的毛玻璃显示窗，中心距为 12cm。红色和绿色光从测试板背面同时各自投射在一个显示窗上。每个显示窗的正下方6cm处各有一个6cm宽的木制反应键。左右两键外表相同并可同时被推出或缩回，平时处于缩回状态，动物无法按动反应键。当一次测试开始时，两种颜色光呈显 1.2 秒钟。每种色光有两种亮度，每次测试都变换亮度。颜色光消失后，两键立即被推出向猴方突出约 3cm。此时，如猴按红色光下的反应键，可得到 0.3—0.5ml 桔子水的奖励，（桔子水经一铜管流入猴之口内），两键缩回，如按了绿色光下的键则得不到奖励，两键也缩回；如在反应键推出后3.6秒钟内猴不作出按键反应，两键缩回，该次测试作废，重新开始下一次测试。整个实验过程由“学习行为控制仪”控制（陈郁初等，1983）。

实验二 在 WGTA 中的多种视觉分辨学习。

实验动物被分成三组。第一组学习亮暗分辨作业。实验设备与实验一A相同，只是仅开亮一只木盒内的灯，让另一只木盒内的灯暗着不亮。

第二组学习物体分辨作业。刺激物为一个木制的圆柱体（阳性刺激物）对一个正立方体（或圆锥体）。两者颜色相同、重量相等。

第三组学习图形分辨作业。刺激物是两块重量相等、外表颜色相同的正立方体木块。每个木块的一个面上贴着一块画着“□”字形或“＋”字形图形的卡片纸，此面朝上放置。“□”字和“＋”字的面积相等，“＋”字形为阳性刺激，“□”字形为阴性刺激。

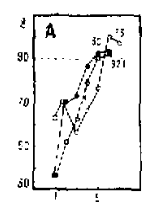
本实验都在 WGTA 内进行，实验条件的控制及奖偿物等均与实验一A相同。已经学会颜色分辨反应的11只猴被随机编入各组，各自学习不同的视觉分辨任务。其中 5 只（30号、63号、73号、05号及95号）只再学一种任务，其余 6 只再学两种任务。

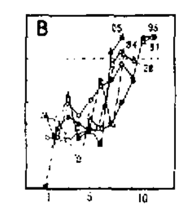
实验三 猴在限制椅中学习 600Hz 纯音对 1000Hz 纯音音调分辨作业。实验条件、测试设备等均与实验一B大体相同。但在本实验中要求猴在听到 1000Hz 声音时按右侧反应键，听到600Hz声音时按左侧反应键，这样才能获得桔子水奖励。如果出现1000Hz声音时按左侧或 600Hz 时按右侧反应键就是错误反应，不给奖励也不受惩罚。一个扬声

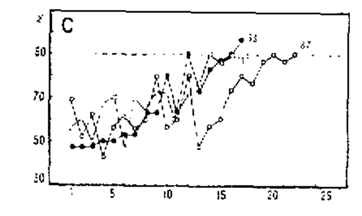
器置于动物后上方，离头部约1.5m，声音强度约为60dB。

实 验 结 果

实验一　A组的11只猴在WGTA中学习蓝色对灰色的分辨作业，它们的学习速度彼此差别很大，可粗略地归纳为三种情况：3只猴(30号、73号及921号)平均只需153次测试、约5个实验日就达标准。它们的学习曲线直线上升，见图一A；还有3只猴(63号、87号及111号）学习进展很慢，平均要经过540次测试即18个实验日才达到学习标准。图一C示其学习曲线。它们的共同规律是在学习的初期和中期，正确反应率总是波动在机率水平，这段时间持续相当长（约占10个实验日），几乎等于全部学成时间的一半。经历这个阶段后正确反应率逐渐上升，但到达学习标准的速度也比较慢。其余5只猴（05号、28号、91号、94号及95号）的学习情况介于中间状态，平均经过252次测试（8.4个实验日）达到标准。学习初期的正确反应率波动于机率水平的持续时间约为5个实验日，从机率水平到建成反应的速度与学习进展快的3只猴的速度很相似，见图一B。







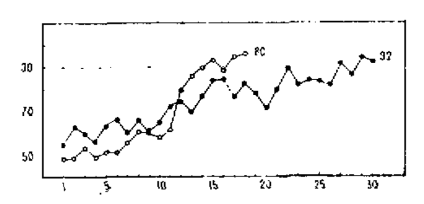
图一　猴在WGTA中的蓝色对灰色分辨学习曲线图

纵座标为每个实验日的正确反应率；横座标为实验日天数。学习曲线上每个点代表30次测试的正确反应率。

这11只猴学习红色对灰色分辨作业的情况与以上描述的蓝色对灰色分辨学习的情况极其相似。

B组的7只猴在限制椅上学习红色对绿色的分辨作业，达到建成标准所化的时间也各不相同。3只猴（47号、86号及89号）平均只化三个实验日（600次测试）就达到了标准，但一般说来不太巩固。有2只猴（80号和42号）进展很慢，分别经过3400次和5800次测试的学习才达到了标准。图二示它们的学习曲线，正确反应率波动于机率水平的时间差不多持续了十个实验日（约2000次测试），自后才稳步上升。还有两只动物（66号和93号）则介于两类之间，分别训练1116次和1400次测试达到标准。

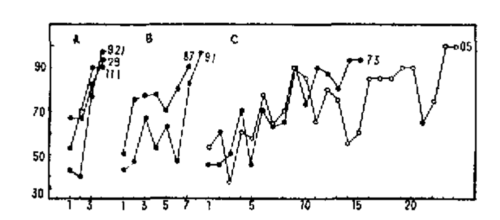
实验二　已在WGTA中建成颜色分辨反应的11只猴再学习物体分辨、亮暗分辨或图形分辨任务的情况如下。



图二 猴在限制椅上的红色对绿色分辨学习曲线图

座标说明同图一。学习曲线上每个点代表200次测试的正确反应率。

第一组（图三）学习亮暗分辨的6只猴中有4只（28号、111号、921号及94号）仅需3—4个实验日，平均105次测试就达到标准；还有2只（87号和91号）各需7和8个实验日，平均225次测试，较上述4只猴达到标准所需的测试数多。



图三 猴在WGTA中的亮暗分辨学习曲线图

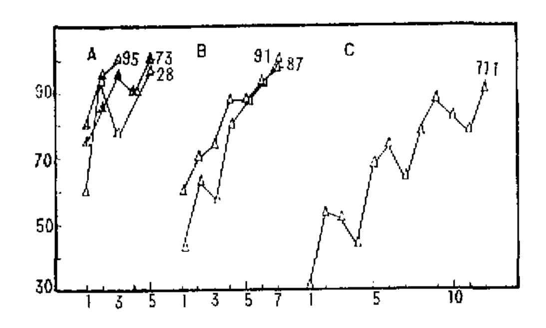
说明同图一。73和05号两猴的学习任务是亮度分辨。

第二组（图四）学习物体分辨作业的6只猴中有3只（28号、73号及95号）平均只需4.3个实验日，83次测试就达到学习标准；有两只猴（87号和91号）均需6个实验日、180次测试；还有一只猴（111号）则经过12个实验日，360次测试才达到学习标准。

第三组 学习图形分辨任务的5只猴（05号、30号、63号、94号及921号）各自经过10、14、16、18及19个实验日达到学习标准，差别明显。

对这些动物学习各种分辨任务的速度各自进行自身的比较和分析可以看出(表一)，亮暗分辨和物体分辨的学习只需较少测试数就可达到建成标准，而建成颜色分辨和图形分辨则需较多的测试次数。

实验三 在限制椅上学习音调分辨的2只猴进展情况很不相同，47号猴经过28个实验日，约10000次测试的学习达到建成标准；而55号猴经过94个实验日，约20000次测试的学习只达到85%的正确反应率。



图四　猴在 WGTA 中的物体分辨学习曲线图

座标说明同图一。93号和95号两猴学习圆柱体对圆锥体分辨。学习曲线图上除95号猴每个点代表20次测试的正确反应率外，其余均为30次测试的正确反应率。

表一A　　在 WGTA 中建成各种分辨反应所需的学习测试数

实验动物			颜色分辨		物体分辨	亮暗分辨	图形分辨
编号	性别	年龄	红(+)～灰(-)	蓝(+)～灰(-)	圆柱体(+)～正方体(-)	亮(+)～暗(-)	"+"(+)～"口"(-)
921	♀	5	120	150*	—	120	480
30	♀	3 7/12	150	150*	—	—	300
73	♂	6	210*	180	90**	—	—
94	♀	5	240*	240	—	90	420
05	♀	8	270*	210	—	—	540
95	♀	7.5	270	300*	40**	—	—
91	♀	6?	300*	270	180	240	—
28	♂	4.5	330*	240	120	120	—
111	♀	4	360*	480	360	90	—
63	♂	8	450*	480	—	—	570
87	♀	8	660*	660	180	210	—
平均数			311	305	165	145	462

* 表示该种颜色分辨任务学习在每个实验日的上午进行。

* 圆柱体（+）对圆锥体（-）的分辨任务。

表一B 在限制椅上学习颜色分辨和音调分辨的猴的性别和年龄

编 号	47	86	89	66	93	80	92	55
性 别	♀	♂	♂	♂	♂	♂	♂	♀
年 龄	11	6	6	6?	7	10	6	10

讨 论

我们观察了猕猴对多种分辨学习的建立过程,并作了比较分析,发现它们有一定的共同规律。猕猴学习同一分辨任务的能力个体差异很大。例如，它们学习蓝色对灰色的分辨达到建成标准所需的学习测试次数彼此相差很多。学习进展快的和慢的动物约各占总数的四分之一，其余的动物约占半数处于中等水平。这种分辨反应建成速度的差异表现在两个方面：一是动物的正确反应率在机率水平上下波动持续的时间长短不同，学习进展慢的(10个实验日，300次测试)比中等水平的（5个实验日，150次测试）长了一倍，学习进展快的这段时间很短或者甚至不能观察到；二是正确反应率从机率水平开始上升直至建成的上升速率不同，学习进展慢的动物其上升速率也相对地慢些（见图一）。它们在 WGTA 中学习物体分辨，亮暗分辨及图形分辨时也有类似现象。

猴在限制椅上完成按反应键获得果子汁奖励的颜色分辨学习的过程中也显示出相似的规律，只是比在 WGTA 中的颜色分辨学习需要经过更多的测试数才能达到标准。我们推想造成这种差异的原因可能是多方面的，除了分辨物不尽相同以及作出选择反应的操作方式，奖偿物及奖偿方式等有所不同之外，在限制椅上动物的活动受到限制可能是影响学习进度的主要原因。

建成了颜色分辨反应的猴再学习一种或两种其他的视觉分辨任务的实验结果表明，它们学习物体分辨和亮暗分辨似乎比学习颜色分辨要容易些。而学习图形分辨比较困难。究其原因，显然不能排除先前的学习经验使动物学习其他任务容易化的可能性。但是，同样都是在建成颜色分辨反应之后进行学习的三种视觉分辨任务，在达到建成标准的速度上还是有明显差别，因而可以认为学习任务本身的困难程度不同即分辨物特性的差别是造成这种差异的主要原因。

猕猴在 WGTA 中能相对自由活动的情况下学习物体分辨和亮暗分辨比较快而学习图形分辨比较慢，这可能与猕猴在自然环境中长期的野外生活经验有关。它们每天都在经历着昼夜的变化，随时与不同形状的物体接触，对于亮暗的差别及物体形状差别的分辨积累了丰富的经验，因此学习类似的任务时进步快。而平面几何图形对野生动物来说平时接触不多，缺乏分辨经验，故学习时进展较慢。猕猴在以上描述的限制条件下学习纯音音调分辨明显地比同样在限制条件下学习视觉分辨进展慢，这可能与在猕猴的日常生活中视觉信息起着更重要的作用有关。

参 考 文 献

陈郁初，郭琼萍　1983 学习行为实验控制仪　生理学报35（2）:239—242.

徐维恒、杨振荃，陈郁初，杨以谦　1966　麦角酰胺和墨斯卡林对猕猴延缓反应和颜色分辨影响的比较，生理学报　28（2）：148—152.

Gellermann, L. W. 1933 Chance orders of alternating stimuli in visual discrimination experiments. *J. Genet. Psychol.* 42:206—208.

Harlow, H. F. 1945 Studies in discrimination learning in monkeys: V. Initial performance by experimentally naive monkeys on stimulus-object and pattern discrimination. *J.Gen.Psychol.* 33: 3—10.

Harlow, H. F. 1949 The formation of learning sets. Psychol. Rev. 56:51—65.

Kluver, H. 1933 Behavior Mechanisms in Monkey. Chic., Chicago Univ. Press.

Neet, C. C. 1933 Visual pattern discrimination in Macacus rhesus monkeys. *J. Genet. Psychol.* 43: 163—196.

THE EVALUATION OF VARIOUS TYPES OF VISUAL OR AUDITORY DISCRIMINATION IN MQCAQUE MONKEYS UNDER FREE OR RESTRAINED CONDITIONS

Chen Yuchu Duan Huifen
Yang Chenchuan Hsu Pinghsuan

(Shanghai Institute of Physiology, Academia Sinica)

The ability to learn various types of visual or auditory discrimination was studied in macaque monkeys under WGTA or restrained chair. Marked individual difference was found in color discrimination learning in WGTA. One of the outstanding features was that the duration of fluctuation around chance level of correct response varied widely during early stage no matter whether the animals were in WGTA or in restrained chair. The same fluctuation was observed in bright-dark, object or pattern discrimination learning in WGTA.

In WGTA, bright-dark, object discriminations were easier than color one, while pattern discrimination was more difficult than the latter. Under restrained condition, even more trials were needed for color discrimination learning than that in WGTA. However, pure tone discrimination in restrained chair was the most difficult task.

These results might be useful in selecting proper animal model in psychopharmacological, psychophysiological, and neurophysiological research.